

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ИЕРАРХИЧЕСКИХ НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА МУЛЬТИИЗОБРАЖЕНИЙ

ТИМОФЕЕВ А. В., ДЕРИН О. А.

УДК 528.8

Тимофеев А.В., Дерин О.А. **Принципы построения иерархических нейронных сетей для анализа мультиизображений.**

Аннотация. Рассматриваются принципы построения иерархических нейронных сетей для решения задач обработки большого объема видеoinформации, в частности для анализа стерео- и мультиизображений в реальном времени. Для достижения практически приемлемого времени обучения нейронных сетей предлагается декомпозиция единой (глобальной) нейронной сети на отдельные (локальные) подсети на основе вводимого авторами принципа когнитивности нейронов и иерархической организации архитектуры. **Ключевые слова:** нейронные сети, иерархическая структура и анализ стерео- и мультиизображений.

Timofeev A.V., Derin O.A. **Principles of hierarchical neural networks for analysis of multi-images.**

Abstract. The principles of construction of hierarchical neural networks to solve problems of processing a large volume of video information, particularly for the analysis of stereo- and multi-images in real time. In order to achieve practically acceptable time learning neural networks is proposed decomposition of a single neural network into subnets based on the authors introduced the principle of "cognitive ability" neurons and hierarchical organization of the architecture.

Keywords: neural networks, hierarchical structure and analysis for stereo- and multi-images.

1. Введение. Задача проектирования и практического построения нейронных сетей, обеспечивающих обработку большого объема видеoinформации (например, для анализа мультиизображений в реальном времени), весьма актуальна в настоящее время. Основные достоинства нейронных сетей заключаются в параллелизме обработки информации и высоких адаптационных возможностях, достигаемых за счет обучения нейросетей на основе выборки реальных данных (например, изображений). При этом не требуется построение математических моделей исследуемого объекта или процесса, упрощается решение задач обработки информации в условиях неопределенности. Однако сложности такого обучения и адаптации, а также длительность этого процесса затрудняют практическое использование нейросетей. Рассматриваемые в данной статье принципы позволяют создавать нейросетевые решения, обеспечивающие обработку большого объема информации и направленные в первую очередь на анализ стерео- и мультиизображений в реальном времени.

Нейросетевой анализ мультиизображений, т. е. изображений с высоким разрешением, разнесенных во времени и/или пространстве, позволяет оценивать статические и динамические параметры объектов (размеры, координаты, скорости, траектории движения) и надежно выделять, локализовывать и идентифицировать их на видимой сцене.

Одним из наиболее ориентированных на распознавание образов и анализ изображений в реальном масштабе времени классом нейросетей являются многослойные сети прямого распространения (МСПР), что определяется высокой степенью распараллеливания вычислений в них и сходство их архитектуры с конвейерными графическими процессорами. Однако их универсализм чрезвычайно усложняет аппаратную реализацию и обучение системы и затрудняет ее реальное применение.

Редукция сложности МСПР возможна путем структурирования слоев нейросети [1, 3]. Однако известные правила такого структурирования являются эвристическими (см. например, [3]), т. е. они зависят от интуиции исследователя и не гарантируют положительного эффекта.

В статье рассмотрен метод редукции сложности МСПР на основе формального метода структурирования слоев нейросети и упорядочивания обучения [1, 3]. Предложенный подход основан на разработанной ранее концепции иерархических нейросетей [4, 5] и включает в себя формальный алгоритм их структурирования на основе диаграмм моделирования (ДМ) и предобучения отдельных нейронных подсетей.

Наиболее широко используемым методом обучения МСПР является алгоритм обратного распространения ошибки (back propagation) [3]. Одной из особенностей алгоритма обучения является то, что коррекция проводится послойно от выходного слоя к входному. В результате для человека понятны только входные и выходные сигналы МСПР, в то время как сигналы промежуточных (скрытых) нейронов, не могут быть однозначно истолкованы с точки зрения выполняемой задачи и являются для человека в полном смысле скрытыми, т. е. скрытыми являются правила (нейрознания), возникшие в ходе обучения этих нейронов. Отсутствие понимания таких правил ведет к невозможности оценить корректность этих правил (нейрознаний), достигнутых в ходе обучения, а также к сложности обучения нейросети.

2. Предлагаемое решение задачи. Авторы предлагают отказаться от проектирования нейросети как «черного ящика» путем декомпозиции глобальной нейросети на иерархическую систему локальных нейросетей (подсетей). Предлагаемый подход совместим с существующи-

ми технологиями синтеза систем (в том числе не нейросетевых) [5] и реализуется с помощью современного языка моделирования, применяемого в системах автоматизированного проектирования (САПР) для описания диаграмм моделирования (ДМ) создаваемого устройства. Разработана методика использования ДМ при декомпозиции МСПР на структуру подсетей, в результате чего определяются подсети (рис. 1) и связи между ними в виде обобщенных сигналов (например, уровень ложных тревог), описание которых понятно человеку, т. е. имеет физический смысл в контексте выполняемой задачи.

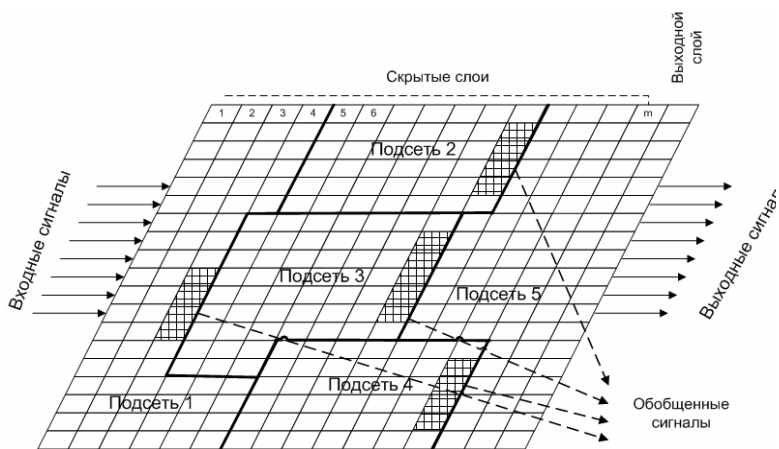


Рис. 1. Декомпозиция МСПР на структуру подсетей.

Для этих обобщенных сигналов можно задать желаемый отклик, исходя из знания ДМ. Рассматривая локальные подсети как независимые МСПР, для которых известен желаемый отклик, можно обучить их отдельно и независимо от системы в целом, что резко ускоряет обучение. Этот процесс авторы назвали «предобучением»

Введем понятие когнитивности как характеристики нейронов, показывающей уровень доступности их выходных сигналов для исследования и понимания и, следовательно, возможности формирования для них желаемого отклика. На основе понятия когнитивности можно ввести разбиение МСПР на уровни когнитивности (рис. 2), где каждый нейрон принадлежит определенному уровню когнитивности.

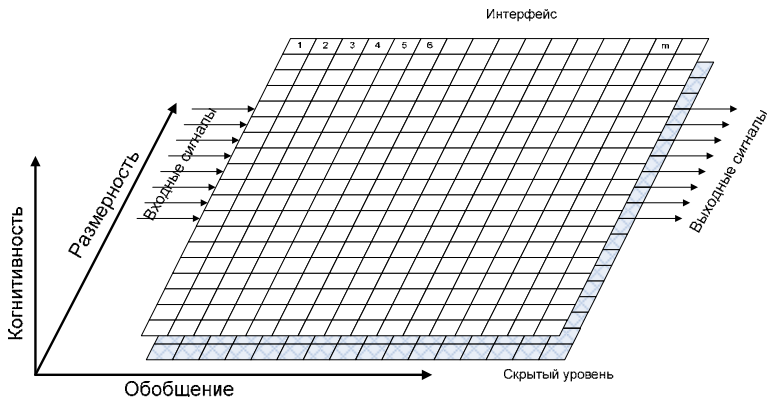


Рис. 2. Разбиение МСПР на уровни когнитивности.

Все скрытые нейроны обладают минимальным уровнем когнитивности и принадлежат скрытому (нижнему, см. рис. 2) уровню. Все выходные нейроны глобальной нейросети и подсетей обладают максимальным уровнем когнитивности и принадлежат верхнему уровню МСПР, названному авторами «интерфейсом» МСПР. Особенностью нейронов интерфейса является исследуемость и понятность человеку их выходных сигналов. Разработчик может произвольно изменять интерфейс с целью изменения характеристик уже обученной сети без переобучения локальных подсетей (полного или частичного), т. е. корректировать уже полученные в ходе обучения нейрознания с помощью введения глобальных обратных связей. Сигналы интерфейса могут использоваться для анализа адекватности обобщения и диагностики нейросети.

3. Практическое применение предлагаемых решений. Авторами разработан и внедрен ряд практических реализаций такого метода. Одной из разработанных реализаций является трехмерный сенсор для мобильных роботов. Анализируя мультиизображения, поступающие с видеокamеры, сенсор строит трехмерный рельеф пространства, окружающего робот.

4. Заключение. В статье рассматриваются принципы построения иерархических нейросетей для выполнения задач обработки большого объема информации, в частности анализа мультиизображений в реальном времени. Для достижения практически приемлемого времени обу-

чения нейросетей предлагается декомпозиция единой нейросети на подсети на основе вводимого авторами принципа когнитивности нейронов. Приводится практический результат реализации таких принципов.

Литература

1. *Perry S.W., Wong H.-S., Guan L.* Adaptive Image Processing A Computational Intelligence Perspective. SPIE Press Book, 2003. 270 p.
2. *Bow S.-T.* Pattern recognition and image preprocessing / 2nd ed. M.Dekker, 2002. 698 p.
3. *Хайкин С.* Нейронные сети: полный курс / 2-е издание. М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. 1104 с.
4. *Timofeev A.V., Andreev V., Gulenko I.E., Derin O.A. et al.* Design and implementation of multi-agent man-machine interface on the base of virtual reality models // 9th Intern. Conf. SPEECOM'2004 (September 20–22, 2004, St. Petersburg). P. 670–675.
5. *Timofeev A.V.* Parallel Structures and Self-Organization of Heterogeneous Polynomial Neural Networks for Pattern Recognition and Diagnostics of States // Pattern Recognition and Image Analysis. 2007. Vol. 17, N 1. P. 163–169.

Тимофеев Адиль Васильевич — д-р техн. наук, проф., Заслуженный деятель науки РФ, заведующий лабораторией информационных технологий в управлении и робототехнике Учреждения Российской академии наук Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН). Область научных интересов: теория оптимального, робастного, адаптивного, интеллектуального и нейронного управления роботами, мехатронными и аэрокосмическими системами; модели виртуальной реальности и оптимизация баз знаний; теория полиномиальных и гетерогенных нейронных сетей с самоорганизующейся архитектурой; методы синтеза многозначных решающих правил минимальной сложности для распознавания образов; модели генетического кода и гено-нейронных сетей; мультиагентные системы и технологии навигации, управления и интеллектуального анализа потоков информации в робототехнических, компьютерных, телекоммуникационных и GRID-сетях. Число научных публикаций — 540. tav@iias.spb.su, <http://www.spiiras.nw.ru/files/litur/index.html>; СПИИРАН, 14-я линия В.О., д.39, Санкт-Петербург, 199178, РФ; р.т. +7(812)328-0421, факс +7(812)328-4450.

Timofeev Adil Vasilievich — Dr.Sc., Prof., Honor Scientist of RF, the Head of the Laboratory for Information Technologies in Control and Robotics of Institution of Russian Academy of Sciences Saint-Petersburg Institute for Informatics and Automation of RAS (SPIIRAS). Research interests: theory of optimal, robust, adaptive, intelligent and neural control for robots, mechatronic and aerospace systems; virtual reality models and knowledge base optimization; theory for polynomial and heterogeneous neural networks with self-organizing architecture; methods for synthesis of multi-value decision rules of minimal complexity for pattern recognition; models of genetic code and gene-neural networks; multi-agent systems and technologies for navigation, control and intelligent analysis for information flows in robotic, computer, telecommunication and GRID-networks. The number of publications — 570. tav@iias.spb.su <http://www.spiiras.nw.ru/files/litur/index.html>; SPIIRAS, 39, 14th Line V.O., Saint-Petersburg, 199178, Russia; office phone +7(812)328-0421, fax +7(812)328-4450.

Дерин Олег Александрович — научный сотрудник лаборатории информационных технологий в управлении и робототехнике Учреждения Российской академии наук Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН). Область научных интересов: нейросетевые технологии обработки сигналов и изображений, сенсорика и адаптация. Число научных публикаций — 12. derinoa@mail.ru; СПИИРАН, 14-я линия В.О., д.39, г. Санкт-Петербург, 199178, РФ; р.т. +7(812)328-0421, факс +7(812)328-4450.

Derin Oleg Alexandrovich — researcher, Laboratory for Information Technologies in Control and Robotics of, St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences (SPIIRAS). Research interests: artificial neuronet technology of image recognition. The number of publications — 12. derinoa@mail.ru; SPIIRAS, 39, 14th Line V.O., St. Petersburg, 199178, Russia; office phone +7(812)328-0421, fax +7(812)328-4450.

Поддержка исследований. Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 06-08-01612а и инновационных НИОКР.

Рекомендовано СПИИРАН, директор Р.М. Юсупов, чл.-корр. РАН.
Статья поступила в редакцию 14.12.2009.

РЕФЕРАТ

Тимофеев А.В., Дерин О.А. **Принципы построения иерархических нейронных сетей для анализа мультиизображений.**

Для построения систем управления мобильными роботами рассматриваются принципы построения иерархических нейронных сетей для решения задач обработки большого объема видеоинформации, в частности для анализа стерео- и мультиизображений в реальном времени. Для создания таких систем управления предлагается использование нейросетевых технологий, причем для достижения практически приемлемого времени обучения нейронных сетей предлагается декомпозиция единой (глобальной) нейронной сети на отдельные (локальные) подсети на основе вводимого авторами принципа когнитивности нейронов и иерархической организации архитектуры. Такие системы управления позволяют автоматически обнаруживать и обходить препятствия на пути движения мобильного робота за счет анализа мультиизображений, поступающих с единственной телекамеры.

Summary

Timofeev A.V., Derin O.A. **Principles of hierarchical neural networks for analysis of multi-images.**

To construction the control systems of mobile robots are considered principles of hierarchical neural networks for solving the problems of analysis large volume of video information, in particular for the analysis of stereo-and multi-images in real time. To create such control systems is proposed using neural network technology, and to achieve practically acceptable time learning of neural networks is proposed decomposition of a single (global) neural network to the local subnet based on the authors introduced the principle of “cognitive” neurons, and hierarchical organization of the architecture. Such systems can automatically detect and avoid obstacles in the path of the mobile robot through the analysis of multi-image, coming from a single camera.